

# SELETIVIDADE DO NICOSULFURON EM TRÊS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE MILHO-PIPOCA<sup>1</sup>

## *Selectivity of Nicosulfuron at Three Popcorn Growth Stages*

CAVALIERI, S.D.<sup>2</sup>, SILVA, F.M.L.<sup>3</sup>, VELINI, E.D.<sup>4</sup>, SÃO JOSÉ, A.R.<sup>5</sup>, ULLOA, S.M.<sup>6</sup>, DATTA, A.<sup>7</sup>, CAVALIERI, J.D.<sup>8</sup> e KNEZEVIC, S.Z.<sup>9</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade do herbicida nicosulfuron em três estádios fenológicos de milho-pipoca (híbrido White A 448). O experimento foi conduzido em campo, seguindo o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos obedeceram a um esquema fatorial 5 x 3, referente a cinco dosagens de nicosulfuron (0; 17,5; 35; 70; e 140 g ha<sup>-1</sup>) e três estádios fenológicos (V3, V5 e V7), totalizando 15 tratamentos. A resposta do milho-pipoca ao nicosulfuron foi verificada por meio de avaliações visuais de intoxicação e efeitos sobre a altura das plantas aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação, componentes de produção (plantas m<sup>-2</sup>, espigas m<sup>-2</sup>, comprimento de espigas, massa de 100 grãos e número de grãos por espiga) e produtividade de grãos. De modo geral, o híbrido A 448 White evidenciou maior nível de tolerância aos tratamentos aplicados no estádio V3. A produtividade de grãos não sofreu interferência significativa do nicosulfuron nos estádios V3 e V5, mesmo na dosagem mais alta. Assim, dentro do intervalo de dosagens avaliado, o herbicida nicosulfuron pode ser aplicado em plantas de milho-pipoca nos estádios V3 e V5, sem riscos de redução de produtividade.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, herbicida, sulfonilureias, tolerância.

**ABSTRACT** - *This work aimed to evaluate the selectivity of the herbicide nicosulfuron toward popcorn (hybrid A 448 White), applied at three growth stages. The experiment was arranged in a randomized complete block design, with four replications. The treatments were organized as a factorial combination, including five nicosulfuron doses (0; 17.5, 35, 70, and 140 g ha<sup>-1</sup>), and three growth stages (V3, V5, and V7), totaling fifteen treatments. The response of the hybrid to nicosulfuron was evaluated in terms of visual injury ratings and effects on plant height at 7, 14, and 28 days after application, yield components (plants m<sup>-2</sup>, cob m<sup>-2</sup>, cob length, 100 grains weight and kernels/cob), and final yield. In general, hybrid A 448 White showed a higher level of tolerance to the treatments applied at the V3 stage. Grain yield did not suffer significant interference of nicosulfuron at the V3 and V5 growth stages, even at the highest dose. Thus, at the dose range evaluated, nicosulfuron can be used safely at the V3 and V5 growth stages, without risk of reduced yield.*

**Keywords:** *Zea mays*, herbicide, sulfonylureas, tolerance.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 15.6.2011 e aprovado em 16.12.2011.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesquisador, Embrapa Hortaliças, Rod. BR 060 Km 09 (Brasília/Anápolis), 70359-970 Brasília-DF, <cavaliere@cnpq.embrapa.br>; <sup>3</sup>Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Doutorando em Agronomia (Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – FCA/UNESP, Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), 18603-970 Botucatu-SP; <sup>4</sup>Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Professor, FCA/UNESP (NUPAM); <sup>5</sup>Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Professor, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Dep. de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada do Bem Querer Km 4, 45083-900 Vitória da Conquista-BA; <sup>6</sup>Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pesquisador, ESPE/SENESCYT, Km 24 via Quevedo, Santo Domingo, Equador; <sup>7</sup>Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pós-doutorando, University of Nebraska-Lincoln, Dep. of Agronomy and Horticulture, Northeast Research and Extension Center, 57905 866 Road, Concord, NE 68728-2828, Estados Unidos; <sup>8</sup>Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Mestrando em Agronomia (Proteção de Plantas), FCA/UNESP; <sup>9</sup>Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Professor Associado, University of Nebraska-Lincoln, Dep. of Agronomy and Horticulture, Northeast Research and Extension Center, 57905 866 Road, Concord, NE 68728-2828, Estados Unidos.



## INTRODUÇÃO

Pertencente à mesma espécie botânica do milho comum (*Zea mays*), o milho-pipoca é considerado tipo duro, de grãos pequenos e pericarpo mais espesso entre os tipos de milho, diferenciando-se desse pela capacidade de seus grãos estourarem quando aquecidos, transformando-se em pipoca (Ziegler & Ashman, 1994). Devido à maior importância dada aos caracteres de qualidade em programas de melhoramento genético da cultura, em detrimento dos caracteres agrônômicos, as plantas de milho-pipoca apresentam-se menores, com menor número de folhas e com limbo foliar estreito, além de suas plântulas serem menos vigorosas e de crescimento inicial lento, quando comparadas àquelas de híbridos de milho comum. Consequentemente, o milho-pipoca manifesta menor capacidade competitiva quando cultivado sob interferência de plantas daninhas, comparado aos híbridos de milho comum (Jakelaitis et al., 2005).

Levando em consideração os métodos de controle de plantas daninhas, o controle químico tem se destacado pela eficiência, rapidez e baixo custo; contudo, a eficácia de herbicidas é variável conforme a molécula e dependente das condições ambientais, da época de aplicação e da espécie infestante a ser controlada (Jakelaitis et al., 2005). Devido à falta de informação sobre herbicidas seletivos para a cultura do milho-pipoca, muitos agricultores utilizam, indevidamente, alguns herbicidas registrados para milho comum, colocando em risco o cultivo de milho-pipoca.

Entre os herbicidas recomendados para milho comum, que também são aplicados em milho-pipoca, destaca-se o nicosulfuron. Esse herbicida pertence à classe das sulfonilureias, sendo recomendado para controle em pós-emergência de gramíneas e dicotiledôneas em vários tipos de milho. Os herbicidas desse grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), primeira enzima comum à rota de biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, provocando a interrupção da síntese de proteínas e consequente inibição da divisão celular e crescimento das plantas (Silva & Silva, 2007; Victória Filho, 2008).

A tolerância de híbridos de milho aos herbicidas pós-emergentes do grupo das sulfonilureias é bastante variável, podendo ser elevada para alguns e reduzida para outros. Híbridos considerados tolerantes a esses herbicidas podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dosagem utilizada (Gubbiga et al., 1995; Cavalieri et al., 2008). A base primária para a seletividade dos herbicidas desse grupo para as culturas está nas diferentes taxas de metabolização deles pelas plantas. Esse metabolismo é realizado pela enzima citocromo P-450 (Siminszky, 2006), que é codificada pelo alelo ativo *nsf1* (Pataky et al., 2008).

Em milho comum, na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento (Spader & Vidal, 2001). Segundo esses autores, plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento possuem a habilidade de interceptar e absorver maior quantidade do herbicida do que aquelas pulverizadas em estádios mais precoces, devido à maior área foliar disponível durante as aplicações. Possivelmente, a intensa atividade fotossintética nesses estádios contribui para a elevada translocação do herbicida das folhas aos meristemas. Essa hipótese é subsidiada por Gallaher (1999), que verificou que o movimento do nicosulfuron para regiões meristemáticas contribuiu para maior atividade do herbicida, uma vez que a ALS é mais ativa nos tecidos em desenvolvimento. Assim, o herbicida absorvido é translocado com maior intensidade nas plantas mais desenvolvidas, causando injúria nas espigas durante a diferenciação floral.

Silva et al. (2005) avaliaram o efeito da mistura dos herbicidas nicosulfuron + atrazine e o inseticida clorpirifos sobre o cultivar de milho-pipoca UFVM2, as plantas daninhas e a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), aos 25 dias após a emergência da cultura. Esses autores não observaram interação significativa entre dosagens de nicosulfuron e do clorpirifos no controle da lagarta-do-cartucho, e a mistura em tanque formada pelo clorpirifos com os herbicidas promoveu intoxicação nas plantas de milho-pipoca, principalmente nas maiores dosagens do nicosulfuron (20, 30 e 40 g ha<sup>-1</sup>).

Estudando a seletividade de nicosulfuron a diferentes híbridos de milho comum (AS 1545, AS 1548, S2 709, AS 32, AS 3466 e AS 1533) no estágio de quatro a seis folhas, Contiero (2009) relatou decréscimo de produtividade apenas para o híbrido AS 1533 quando aplicado na dosagem de 120 g ha<sup>-1</sup>, que é duas vezes maior que a dosagem máxima recomendada para a cultura. Por outro lado, Jakelaitis et al. (2005) não relataram comprometimento de estado nutricional, produtividade e capacidade de expansão dos grãos do cultivar de milho-pipoca UFVM2 quando submetido ao nicosulfuron isolado (16 g ha<sup>-1</sup>) ou em mistura com atrazine (8 + 1.500 g ha<sup>-1</sup>), aos 25 dias após a emergência. Nesse caso, a mistura proporcionou controle acima de 90% para *Urochloa plantaginea* (sinonímia *Brachiaria plantaginea*) e *Urochloa decumbens* (sinonímia *Brachiaria decumbens*), aos 28 DAA, ao passo que o nicosulfuron isoladamente proporcionou controle de apenas 80%. Nesse caso, a seletividade do nicosulfuron ao milho-pipoca possivelmente se deu pela aplicação de subdosagens do herbicida.

Em milho-doce, Sullivan & Bouw (1998) verificaram que plantas tratadas com nicosulfuron na dosagem de 50 g ha<sup>-1</sup>, nos estádios de cinco e sete folhas expandidas, apresentaram diversos sintomas de injúria, enquanto aquelas tratadas com 25 g ha<sup>-1</sup>, nos mesmos estádios, foram pouco afetadas.

Nesse contexto, diante dos poucos estudos acerca dos efeitos do herbicida nicosulfuron sobre o milho-pipoca em relação aos demais tipos de milho, e levando em consideração que a seletividade do herbicida pode variar em função da dosagem aplicada e do estágio fenológico das plantas no momento da aplicação, objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade do herbicida nicosulfuron em três estádios fenológicos de milho-pipoca (híbrido White A 448).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2009, em campo, na estação experimental do Haskell Agricultural Laboratory, em Concord, Nebraska, EUA, pertencente à University of Nebraska, em solo identificado como Cumulic Haplustolls (USDA, 1999), equivalente ao Chernossolo Háplico da classificação brasileira

(Embrapa, 2006), de textura franca, com 34% de areia, 44% de silte e 22% de argila. O solo apresentou as seguintes características químicas (camada de 0 a 20 cm de profundidade): pH em H<sub>2</sub>O = 7,4; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> iguais a 12,10; 2,52; e 0,69 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; P = 115,0 mg dm<sup>-3</sup>; e matéria orgânica = 2,2%. A temperatura e a precipitação pluvial média durante o ciclo da cultura foram de 16,9 °C e 579 mm, respectivamente.

Antes da instalação do experimento, as plantas daninhas presentes na área foram dessecadas com glyphosate (720 g ha<sup>-1</sup>), aplicando-se o equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup> de calda, visando à semeadura no limpo. As plantas daninhas que emergiram posteriormente foram eliminadas por meio de capinas manuais. A semeadura do milho-pipoca (híbrido A448 White) foi realizada no dia 25 de maio, em sistema de semeadura direta. O espaçamento entre fileiras foi de 0,76 m, com seis sementes de milho-pipoca por metro. Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 8 m de comprimento (24,32 m<sup>2</sup>), sendo utilizado 1 m de bordadura nas extremidades de cada parcela. Para efeito de avaliações e colheita, utilizou-se das duas linhas centrais (12,16 m<sup>2</sup>). A emergência das plantas de milho-pipoca teve início sete dias após a semeadura.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, com quatro repetições. O esquema fatorial adotado foi de 5 x 3, referente a cinco dosagens de nicosulfuron (0; 17,5; 35; 70; e 140 g ha<sup>-1</sup>) e três estádios fenológicos (V3, V5 e V7) (Magalhães & Durães, 2010), totalizando 15 tratamentos.

A aplicação dos tratamentos foi feita com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com pontas Teejet 110.03 espaçadas de 50 cm e calibradas para aplicar 200 L ha<sup>-1</sup>, na pressão de 124 kPa. Em cada tratamento, adicionou-se óleo mineral (1% v/v) e sulfato de amônio (2,037 kg 100 L<sup>-1</sup> de água).

As condições ambientais no momento de cada uma das aplicações foram: estágio V3 (16 dias após a emergência - DAE) - nebulosidade de 15%, velocidade do vento inferior a 5 km h<sup>-1</sup>, solo úmido, temperatura do ar de 24 °C e umidade relativa de 45%; estágio V5 (24 DAE) - nebulosidade de 5%, velocidade do



vento inferior a 5 km h<sup>-1</sup>, solo úmido, temperatura do ar de 32°C e umidade relativa de 65%; e estágio V7 (36 DAE) - nebulosidade de 30%, velocidade do vento inferior a 5 km h<sup>-1</sup>, solo úmido, temperatura do ar de 29 °C e umidade relativa de 51%.

Para avaliação da seletividade dos tratamentos ao milho-pipoca, foram estudados a intoxicação, o crescimento, os componentes de produção e a produtividade de grãos da cultura. Dessa forma, foram avaliados a intoxicação das plantas (%) aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA), utilizando uma escala de 0 a 100%, em que 0 representou ausência de injúrias e 100 a morte das plantas; a altura média das plantas relativa (%) à testemunha sem tratamento aos 7, 14 e 28 DAA, medindo-se dez plantas em cada parcela, do nível do solo até a inserção da lígula da última folha expandida; o número de plantas e de espigas por metro quadrado; o comprimento médio de espigas (cm); o número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos (g) (corrigida para 14% de umidade), por ocasião da colheita; e a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), também corrigida para 14% de umidade. A colheita foi realizada no dia 9 de novembro, com as espigas sendo colhidas manualmente e debulhadas mecanicamente.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo os estádios fenológicos de desenvolvimento comparados pelo teste t ( $p < 0,05$ ) e os dados quantitativos equivalentes às dosagens de nicosulfuron aplicadas em cada estágio analisados por regressão, utilizando-se o programa estatístico Sigma Plot (SigmaPlot, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas de intoxicação observados no milho-pipoca (híbrido A 448 White), de modo geral, foram de clorose e enrugamento das folhas novas em expansão poucos dias após a aplicação do nicosulfuron, em todos os estádios de desenvolvimento. Mais tardiamente, os sintomas passaram para a parte central delas, em forma de manchas, principalmente no estágio V7, nas dosagens de 70 e 140 g ha<sup>-1</sup>, havendo estrangulamento e enrolamento das extremidades. Esses sintomas estão de acordo com os observados por Môro & Damião Filho (1999) e Cavalieri et al. (2008).

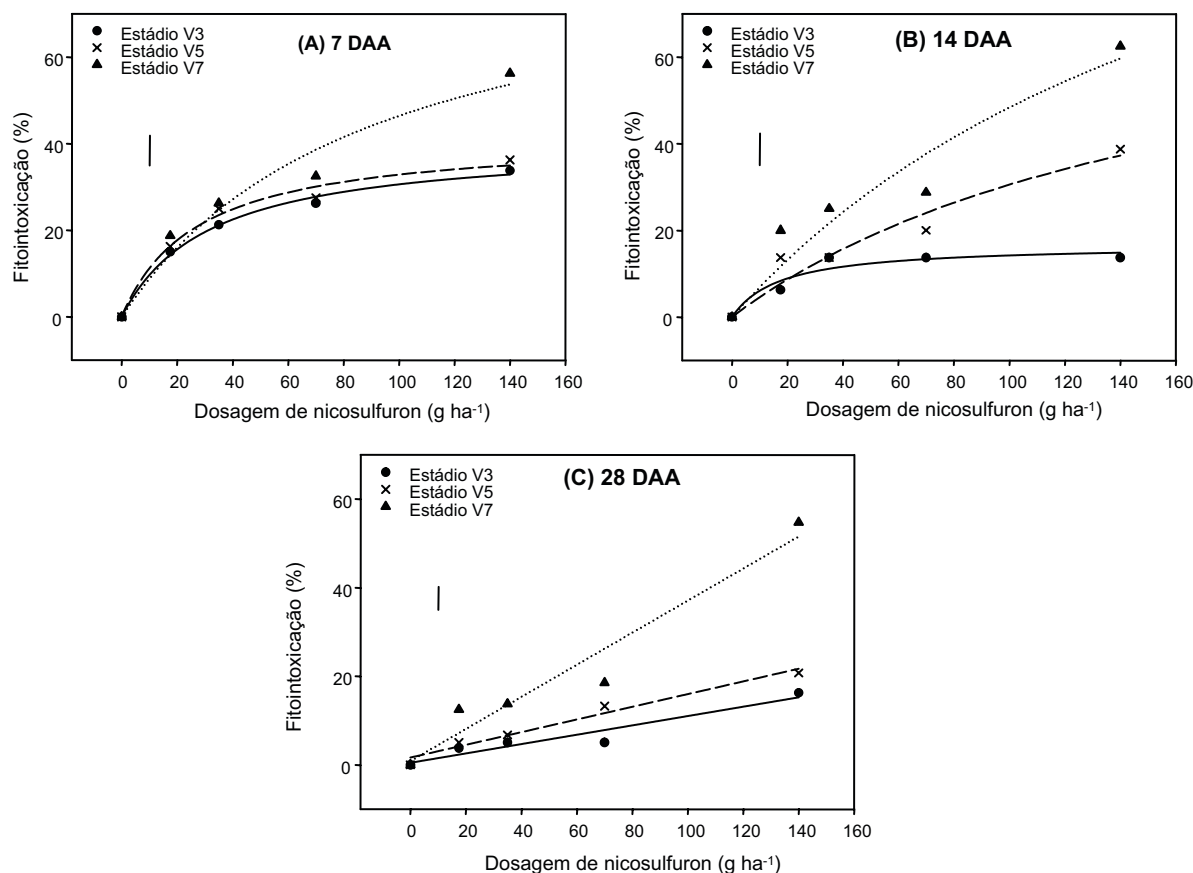
Os dados de intoxicação de milho-pipoca (Figura 1) mostraram maior toxicidade do nicosulfuron quando aplicado nos estádios mais avançados de desenvolvimento da cultura. Dessa forma, aos 7 DAA do herbicida, foi possível constatar injúrias significativas somente no estágio V7 (56,3%), na dosagem de 140 g ha<sup>-1</sup>. No entanto, aos 14 e 28 DAA, os sintomas foram mais acentuados, sendo possível constatar diferenças entre os estádios de desenvolvimento a partir da dosagem de 17,5 g ha<sup>-1</sup>, em que o estágio V7 sempre foi o mais injuriado.

Para cada época de avaliação, os dados referentes à resposta das plantas de milho-pipoca às dosagens de nicosulfuron (Figura 1 e Tabela 1) permitiram visualizar, para os três estádios fenológicos da cultura estudados, que, à medida que a dosagem de nicosulfuron foi aumentada, aumentou-se também a injúria nas plantas, o que, na prática, tende a postergar o fechamento da cultura, sendo às vezes necessária uma segunda aplicação do herbicida, aumentando, conseqüentemente, os custos de produção.

Resultados semelhantes foram encontrados por Jakelaitis et al. (2005) para o milho-pipoca UFVM2, aos 25 dias após a emergência da cultura, os quais verificaram toxicidade moderada à cultura pela aplicação de nicosulfuron, que por sua vez foi mais evidente à medida que se elevou a dosagem desse herbicida e se adicionou espalhante à calda de pulverização. Entretanto, para o híbrido de milho comum DKB-214, Zagonel (2002) verificou que a aplicação de nicosulfuron no estágio V4 causou leve injúria às plantas, porém com rápida recuperação.

Com relação à altura relativa das plantas de milho-pipoca (Figura 2), verificou-se aos 7 DAA que plantas submetidas ao nicosulfuron no estágio V7 apresentaram altura inferior à daquelas que receberam o herbicida no estágio V3. Ainda para essa época de avaliação, as plantas que receberam o nicosulfuron (35 e 70 g ha<sup>-1</sup>) no estágio V7 mostraram altura inferior à daquelas submetidas aos tratamentos no estágio V5.

Aos 14 DAA, foi constatada redução de altura nas plantas de milho-pipoca quando aplicado na dosagem de 70 g ha<sup>-1</sup> no estágio V7,



**Figura 1** - Intoxicação (%) de plantas de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura. A barra vertical em cada gráfico indica o valor da DMS pelo teste t (p<0,05) para comparação dos estádios em cada dosagem do herbicida.

**Tabela 1** - Equações de regressão da intoxicação de plantas de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura

| Época de avaliação (DAA) | Estádio | Modelo estatístico           | F         | R <sup>2</sup> |
|--------------------------|---------|------------------------------|-----------|----------------|
| 7                        | V3      | $y = 40,3435x/(31,8216+x)$   | 562,0176* | 0,99           |
|                          | V5      | $y = 41,8291x/(27,3188+x)$   | 211,7926* | 0,99           |
|                          | V7      | $y = 88,2212x/(89,8992+x)$   | 74,2941*  | 0,96           |
| 14                       | V3      | $y = 16,6996x/(17,4264+x)$   | 33,8869*  | 0,92           |
|                          | V5      | $y = 83,1756x/(172,2672+x)$  | 39,8493*  | 0,93           |
|                          | V7      | $y = 143,9335x/(197,4826+x)$ | 33,7319*  | 0,92           |
| 28                       | V3      | $y = 0,1054x+0,4688$         | 33,5700*  | 0,92           |
|                          | V5      | $y = 0,1432x+1,6313$         | 110,4655* | 0,97           |
|                          | V7      | $y = 0,3621x+0,8875$         | 48,9213*  | 0,94           |

\* Modelo estatístico significativo (p<0,05).

em relação ao V3. Na dosagem de 140 g ha<sup>-1</sup>, as plantas apresentaram maiores reduções de altura à medida que o nicosulfuron foi aplicado em estádios mais avançados de desenvolvimento da cultura.

Para a avaliação realizada aos 28 DAA, apenas as plantas tratadas com nicosulfuron nas dosagens de 70 e 140 g ha<sup>-1</sup> no estádio V7 apresentaram redução de altura, quando comparadas aos demais estádios.



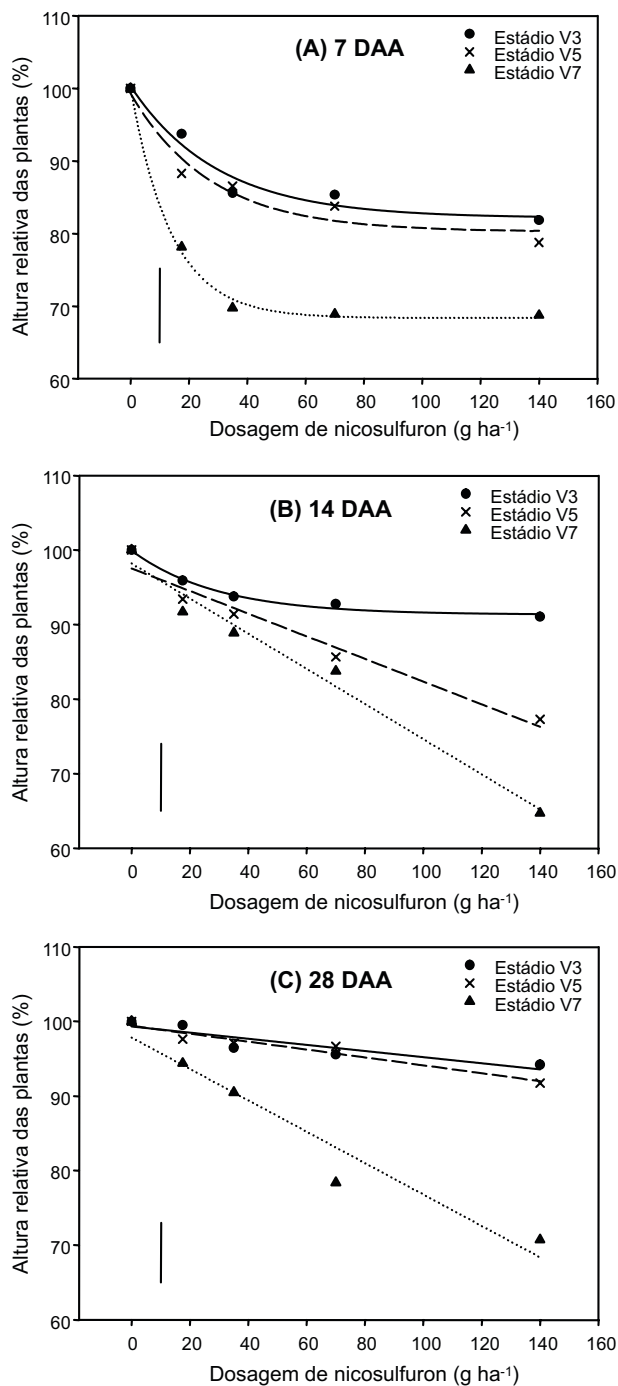


Diante disso, para todas as épocas de avaliação, as plantas de milho-pipoca submetidas ao herbicida no estágio V3 não mostraram redução de altura em relação às suas respectivas testemunhas sem aplicação.

Damião Filho et al. (1996) estudaram o efeito da dosagem de 80 g ha<sup>-1</sup> de nicosulfuron sobre a altura de híbridos de milho comum em campo e observaram que, aos 47 dias após o plantio (DAP), os híbridos AG 106, BR 201, 92HD1QPM e CMS apresentaram redução de altura; por ocasião do florescimento, o híbrido AG 106 diferiu em altura de sua testemunha, ao contrário dos híbridos BR 201, 92HD1QPM e CMS, que igualaram as alturas das respectivas testemunhas. Os híbridos BR 206 e HT 2X, que aos 47 DAP não diferiram em altura em relação aos tratamentos sem aplicação, por ocasião do florescimento apresentaram alturas significativamente menores do que as dessas testemunhas. Em contrapartida, Spader & Vidal (2001), estudando a seletividade de nicosulfuron aplicado nos estádios fenológicos V3, V6 e V9 de milho comum (híbrido AG 501) nas dosagens de 60 e 80 g ha<sup>-1</sup>, não observaram efeito na variável altura de planta, sendo essas dosagens seletivas para a cultura.

Na Figura 2 e Tabela 2 pode-se visualizar a resposta das plantas de milho-pipoca às aplicações do nicosulfuron levando em consideração a altura relativa das plantas. Dessa forma, tanto aos 7 DAA quanto aos 14 DAA, para o estágio V3, observou-se redução de crescimento das plantas em decorrência dos efeitos negativos do herbicida à medida que se aumentaram as dosagens. Esse fato pode ser explicado pela incapacidade de crescimento delas devido ao efeito do herbicida. Adicionalmente, para os estádios V5 e V7 aos 14 DAA e aos 28 DAA, a resposta foi linear, demonstrando o forte efeito do nicosulfuron em inibir o crescimento das plantas, o qual se mostrou menos seletivo à cultura nesses estádios de desenvolvimento.

Entre os componentes de produção do híbrido de milho-pipoca avaliado (Figura 3), não houve diferença estatística para as variáveis número de plantas e espigas por metro quadrado (dados não mostrados), considerando a aplicação do nicosulfuron em plantas com diferentes estádios fenológicos. No entanto, foi encontrado efeito de redução do comprimento



**Figura 2** - Altura relativa de plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura. A barra vertical em cada gráfico indica o valor da DMS pelo teste t ( $p < 0,05$ ) para comparação dos estádios em cada dosagem do herbicida.

de espigas quando aplicada a dosagem mais alta de nicosulfuron (140 g ha<sup>-1</sup>) no estágio V7

**Tabela 2** - Equações de regressão da altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) em relação à testemunha aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura

| Época de avaliação (DAA) | Estádio | Modelo estatístico                            | F         | R <sup>2</sup> |
|--------------------------|---------|---|-----------|----------------|
| 7                        | V3      | $y = 82,1453 + 18,1417 \times \exp(-0,0335x)$ | 22,4117*  | 0,96           |
|                          | V5      | $y = 80,2426 + 19,0832 \times \exp(-0,0364x)$ | 19,2864*  | 0,95           |
|                          | V7      | $y = 68,3829 + 3,7115 \times \exp(-0,0716x)$  | 325,3728* | 0,99           |
| 14                       | V3      | $y = 91,3324 + 8,5721 \times \exp(-0,0338x)$  | 76,6393*  | 0,99           |
|                          | V5      | $y = -0,1519x + 97,5205$                      | 74,3347*  | 0,96           |
|                          | V7      | $y = -0,2357x + 98,1897$                      | 141,6762* | 0,98           |
| 28                       | V3      | $y = -0,0412x + 99,3172$                      | 14,3830*  | 0,83           |
|                          | V5      | $y = -0,0529x + 99,3912$                      | 45,3487*  | 0,94           |
|                          | V7      | $y = -0,2104x + 97,8334$                      | 50,0447*  | 0,94           |

\* Modelo estatístico significativo ( $p < 0,05$ ).

da cultura, se comparado ao estágio V3. As plantas que receberam as dosagens de nicosulfuron no estágio V7 apresentaram maior massa de 100 grãos em relação ao estágio V3, sendo o tratamento com a dosagem de 35 g ha<sup>-1</sup> superior também ao do estágio V5. O número de grãos por espiga foi reduzido em função das aplicações de nicosulfuron no estágio V7 em relação aos demais estádios, exceto para a dosagem de 35 g ha<sup>-1</sup> e para o estágio V5 na dosagem de 17,5 g ha<sup>-1</sup>. Esse fato pode indicar que a redução do número de grãos por espiga no estágio V7 proporcionada pela aplicação do herbicida nicosulfuron pode ter propiciado aumento na massa de grãos das espigas devido a alterações nas relações fonte-dreno, em que, quanto menor o número de grãos, maior a massa destes.

Spader & Vidal (2001), por sua vez, aplicando nicosulfuron nas dosagens de 60 e 80 g ha<sup>-1</sup> nos estádios fenológicos V3, V6 e V9 do milho comum, observaram que o herbicida causou redução do número de grãos por espiga quando aplicado no estágio V9, em relação aos estádios V3 e V6. Entretanto, ao contrário do ocorrido no presente estudo, os autores reportaram que o nicosulfuron reduziu também a massa de grãos quando aplicado nos estádios V6 e V9, em comparação ao estágio V3.

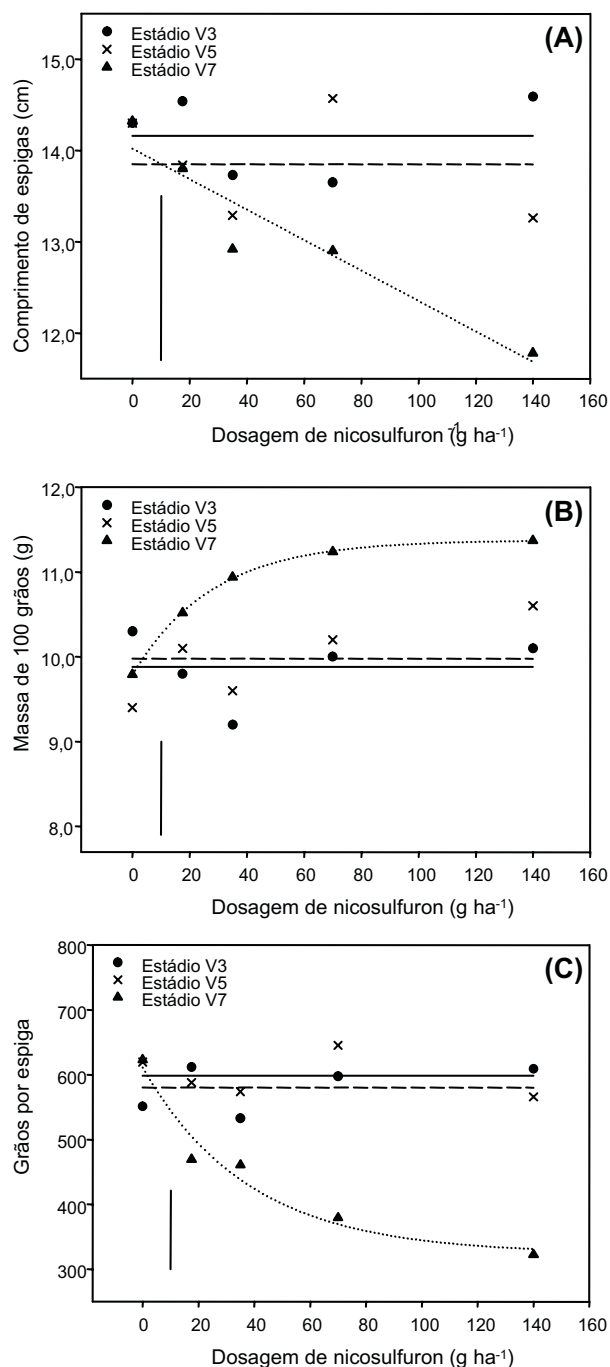
Quanto às curvas de dose-resposta para o efeito do nicosulfuron sobre os componentes de produção do milho-pipoca (Figura 3 e Tabela 3), foi possível ajustar modelos significativos de regressão com explicação agrônômica somente para comprimento de espigas,

massa de 100 grãos e número de grãos por espiga, quando o herbicida foi aplicado no estágio V7 da cultura. Portanto, considerando esse estágio fenológico, a aplicação do nicosulfuron reduziu o comprimento de espigas do híbrido em questão, aumentou a massa de 100 grãos e reduziu o número de grãos por espiga à medida que se aplicaram dosagens mais elevadas do herbicida.

Com relação à produtividade de grãos do híbrido A 448 White (Figura 4), foram verificados efeitos prejudiciais da aplicação do herbicida nicosulfuron somente quando as plantas se encontravam no estágio V7 nas dosagens de 70 e 140 g ha<sup>-1</sup>, se comparado aos demais estádios fenológicos estudados. As dosagens de 70 e 140 g ha<sup>-1</sup> comprometeram a produtividade do híbrido no estágio V7, sendo, portanto, necessário cautela quando se objetiva aplicar esse herbicida para o manejo de plantas daninhas que demandam dosagens mais elevadas para o seu controle nesse estágio fenológico da cultura. Além disso, é importante frisar que essas dosagens estão acima do que é recomendado no Brasil para milho comum (50 - 60 g ha<sup>-1</sup>) (Rodrigues & Almeida, 2011) e nos Estados Unidos para milho-pipoca (35 g ha<sup>-1</sup>) (Bernards et al., 2009), não devendo ser usadas para evitar qualquer efeito inesperado sobre as plantas.

Entre os estádios fenológicos avaliados, somente no estágio V7 houve significância para as curvas de dose-resposta dentro do intervalo de dosagens de nicosulfuron estudado (Figura 4 e Tabela 4), evidenciando a





**Figura 3** - Componentes de produção (A = comprimento de espigas, B = massa de 100 grãos e C = grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura. A barra vertical em cada gráfico indica o valor da DMS pelo teste t ( $p < 0,05$ ) para comparação dos estádios em cada dosagem do herbicida.

sensibilidade do híbrido A 448 White ao herbicida aplicado nesse estágio fenológico da cultura.

Esses resultados corroboram aqueles encontrados por Buzatti (2000), que, avaliando o nicosulfuron nas dosagens de 0, 20, 30 e 40 g ha⁻¹ no híbrido de milho comum P 3063 até o estágio V6, não observou redução na produtividade. No entanto, quando a aplicação foi realizada a partir do estágio V7, foi constatada redução na produtividade de grãos.

Essa diferença de sensibilidade das plantas ao nicosulfuron quando esse é aplicado em diferentes estádios fenológicos da cultura também foi constatada por Spader & Vidal (2001). Esses pesquisadores, por sua vez, trabalhando com o híbrido de milho comum AG 501 nas dosagens de 60 e 80 g ha⁻¹, indicaram que a injúria causada pelo herbicida reduziu a produtividade de grãos na ordem de 9 e 23% em relação à testemunha não tratada, quando aplicado no estágio V6, e em 17 e 26% quando aplicado no estágio V9, respectivamente.

Da mesma forma, López-Ovejero et al. (2003) constataram redução de produtividade para o híbrido de milho comum P 3027 na dosagem de 52 g ha⁻¹ de nicosulfuron aplicada em plantas no estágio V4. Resultados semelhantes também foram observados por Spader & Antoniazzi (2006), os quais relataram que os híbridos de milho comum DKB 214, AS 1550, P30P70, Speed, Penta, P30R50 e DOW 2B150 apresentaram redução na produtividade de grãos quando submetidos à dosagem de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio V6.

Por outro lado, Pereira Filho et al. (2000) verificaram que os híbridos BRS 3060, BRS 3101, BRS 2114 e BRS 2110 foram tolerantes às dosagens de 50, 60 e 70 g ha⁻¹ de nicosulfuron, aplicadas nos estádios V4 a V6, não comprometendo a produtividade de grãos. Silva et al. (2005) também não constataram redução de produtividade de grãos para o híbrido P 30F80 quando submetido a dosagens crescentes de nicosulfuron (0, 10, 20, 30 e 40 g ha⁻¹) + atrazine (1.200 g ha⁻¹) nos estádios V4 e V5.

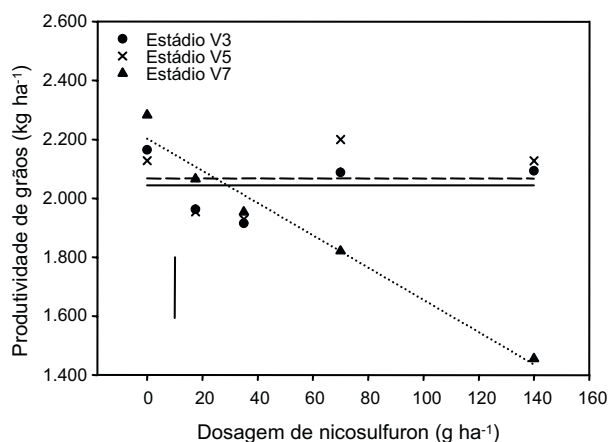
De modo geral, os efeitos significativos causados pelo nicosulfuron em termos de intoxicação, redução de altura e comprometimento dos componentes de produção podem justificar a redução de produtividade de grãos ocorrida no estágio V7 da cultura (Figura 4). Contudo, a observação do estágio fenológico de desenvolvimento das plantas de milho-pipoca (híbrido



**Tabela 3** - Equações de regressão em função de componentes de produção (comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após a aplicação de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura

| Variável               | Estádio | Modelo estatístico                                | F          | R <sup>2</sup> |
|------------------------|---------|---|------------|----------------|
| Comprimento de espigas | V3      | -   | -          | -              |
|                        | V5      | -   | -          | -              |
|                        | V7      | $y = -0,0167x + 14,02$                            | 27,4337*   | 0,90           |
| Massa de 100 grãos     | V3      | -   | -          | -              |
|                        | V5      | -   | -          | -              |
|                        | V7      | $y = 9,7880 + 1,5896 \times [1 - \exp(1 - 359x)]$ | 4074,3345* | 0,99           |
| Grãos por espiga       | V3      | -   | -          | -              |
|                        | V5      | -   | -          | -              |
|                        | V7      | $y = 324,3272 + 286,7080 \times \exp(-0,0264x)$   | 23,5140*   | 0,96           |

\* Modelo estatístico significativo ( $p < 0,05$ ).

**Figura 4** - Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após a aplicação de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura. A barra vertical no gráfico indica o valor da DMS pelo teste t ( $p < 0,05$ ) para comparação dos estádios em cada dosagem do herbicida.**Tabela 4** - Equações de regressão em função da produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após a aplicação de nicosulfuron nos estádios V3, V5 e V7 da cultura

| Estádio | Modelo estatístico         | F        | R <sup>2</sup> |
|---------|----------------------------|----------|----------------|
| V3      | -                          | -        | -              |
| V5      | -                          | -        | -              |
| V7      | $y = -5,4784x + 2203,1160$ | 93,6785* | 0,97           |

\* Modelo estatístico significativo ( $p < 0,05$ ).

A 448 White) para a escolha do melhor momento de aplicação do nicosulfuron é de grande relevância no controle seletivo de plantas daninhas nessa cultura, uma vez que

estádios mais avançados de desenvolvimento são mais sensíveis a esse herbicida.

Essa sensibilidade justifica-se pelo fato de plantas mais desenvolvidas interceptarem maior quantidade de herbicida no momento da aplicação, além de apresentarem maior área foliar fotossinteticamente ativa, produzindo assim maior quantidade de fotoassimilados. Consequentemente, o transporte desses produtos das folhas até as regiões de demanda da planta é mais intenso. Assim, o herbicida absorvido é translocado com maior intensidade nas plantas mais desenvolvidas, atingindo os locais de ação antes de ser metabolizado pela cultura (Spader & Vidal, 2001).

Considerando o intervalo de dosagens avaliado, conclui-se que o nicosulfuron pode ser aplicado com segurança em plantas de milho-pipoca (híbrido A 448 White) nos estádios V3 e V5, sem risco de redução de produtividade.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida ao primeiro autor e pelo auxílio financeiro para a condução da presente pesquisa.

## LITERATURA CITADA

BERNARDS, M. L. et al. **Guide for weed management in Nebraska**. Lincoln, Nebraska Cooperative Extension; University of Nebraska Cooperative Extension. EC 01-130-D. 2009. 200 p.



- BUZATTI, W. J. S. Seletividade de híbridos de milho aos herbicidas. **Inf. Fundação ABC**, v. 2, n. 8, p. 8-10, 2000.
- CAVALIERI, S. D. et al. Tolerância de híbridos de milho ao herbicidas nicosulfuron. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008.
- CONTIERO, R. L. Seletividade dos herbicidas nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron methyl sodium a diferentes cultivares de milho. **Semina: Ci. Agr.**, v. 30, n. 1, p. 1123-1134, 2009.
- DAMIÃO FILHO, C. F.; MÔRO, F. V.; TAVEIRA, L. R. Respostas de híbridos de milho ao nicosulfuron. 1. Aspectos biológicos e da produção. **Planta Daninha**, v. 14, n. 1, p. 3-13, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: 2006. 412 p.
- GALLAHER, K. Absorption, translocation, and metabolism of primisulfuron and nicosulfuron in broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) and corn. **Weed Sci.**, v. 47, n. 1, p. 8-12, 1999.
- GUBBIGA, N. G.; WORSHAM, A. D.; COBLE, H. D. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technol.**, v. 9, n. 1, p. 574-581, 1995.
- JAKELAITIS, A. et al. Controle de plantas daninhas na cultura do milho-pipoca com herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 509-516, 2005.
- LÓPEZ OVEJERO, R. F. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003. p. 47-79.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. In: **Sistema de produção - cultivo do milho**. 6 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/ecofisiologia.htm)>. Acesso em: 9 ago. 2011.
- MÔRO, F. V.; DAMIÃO FILHO, C. F. Alterações morfoanatômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de nicosulfuron. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 331-337, 1999.
- PATAKY, J. K. et al. Genetic basis for varied levels of injury to sweet corn hybrids from three cytochrome P450-metabolized herbicides. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v. 133, n. 3, p. 438-447, 2008.
- PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, M. F.; PIRES, N. M. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 479-482, 2000.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina, 2011. 697 p.
- SIGMAPLOT. 2008. **For windows, version 11.0**. Systat Software, 2008.
- SILVA, A. A. et al. Efeitos de mistura de herbicida com inseticida sobre a cultura do milho, as plantas daninhas e a lagarta-do-cartucho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 517-525, 2005.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.
- SIMINSZKY, B. Plant cytochrome P450-mediated herbicide metabolism. **Phytochem. Rev.**, v. 5, p. 445-458, 2006.
- SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ci. Rural**, v. 31, n. 6, p. 929-934, 2001.
- SPADER, V.; ANTONIAZZI, N. Avaliação da injúria causada por herbicidas em híbridos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Resumos... Brasília, DF: SBCPD, 2006. p. 289.
- SULLIVAN, J. O.; BOUW, W. J. Sensitivity of processing sweet corn (*Zea mays*) cultivars to nicosulfuron/rimsulfuron. **Canadian J. Plant Sci.**, v. 41, n. 1, p. 151-154, 1998.
- USDA. **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2.ed. Washington: 1999. 871 p.
- VICTORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. et al. (Ed). **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 397-458.
- ZAGONEL, J. Eficácia do Equip Plus no controle de plantas daninhas na cultura do milho em plantio direto. **B. Inf. SBCPD**, v. 8, n. 2, p. 27-32, 2002.
- ZIEGLER, K. E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. Ames: CRC Press, 1994. p. 189-223.

